

改善膨胀性土变形性能的处理机理研究

申利梅¹, 郭院成¹, 周同和²

(1. 郑州大学土木工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州大学综合设计研究院, 河南 郑州 450002)

摘 要: 膨胀性土作为区域性特殊土, 具有浸水膨胀、失水收缩的工程变形特点, 导致其力学性能很不稳定. 从改善膨胀性土力学性能, 满足工程承载力和变形要求出发, 根据某危桥维修加固工程, 研究总结了改善膨胀性土力学性能的处理机理. 工后检测结果表明, 无砂砼压密注浆小桩对膨胀性土的改性处理, 理论上是科学的, 实践中是可行的, 可为同类加固工程提供一定的参考.

关键词: 膨胀性土; 无砂砼小桩; 加固内聚力

中图分类号: TU 443 文献标识码: A

1 膨胀性土胀缩机理

膨胀性土主要由蒙脱石和伊利石组成, 亲水性强, 具有吸水膨胀和失水收缩的特点.

1.1 矿物成分的结构特点^[1]

蒙脱石由两个硅氧晶片夹一个八面体晶片组成, 结构式为 $(OH)_4Si_8Al_4O_{20} \cdot nH_2O$. 结构示意图如图 1(a) 所示. 其铝离子和硅离子的位置易被其它阳离子广泛地置换, 表现出很强的阳离子交换能力. 外比表面积通常为 $50 \sim 120 \text{ m}^2/\text{g}$, 总比表面积可达 $700 \sim 800 \text{ m}^2/\text{g}$.

伊利石有硅氧晶片 - 水铝石晶片 - 硅氧晶片三层相间组成, 其结构式为 $(OH)_2K_2(Si_6Al_2)Al_4O_{20}$. 结构示意图如图 1(b) 所示. 外比表面积通常为 $60 \sim 100 \text{ m}^2/\text{g}$, 总比表面积可达 $870 \text{ m}^2/\text{g}$.

1.2 膨胀性土的工程特性^[2]

膨胀性土由于其主要矿物成分的结构特点, 其工程特点表现为: ①胀缩性. 吸水膨胀, 失水收缩. 土体变形受到一定约束后, 即产生膨胀力, 且土体蒙脱石含量越高, 胀缩变形越大. ②崩解性. 膨胀土浸水后, 体积膨胀, 发生崩解. ③多裂隙性. 失水时体积收缩, 造成膨胀性土内部产生大小不等、纵横交错的裂隙特征, 破坏了土体的整体性, 易于进一步造成边坡的失稳. ④超固结性. 多数情况下, 膨胀性土具

有天然孔隙比小、密实度大和初始强度高的超固结特性; ⑤强度衰减性. 受环境因素影响, 膨胀性土经过多次胀缩变形循环后, 抗剪强度将发生大幅度衰减.

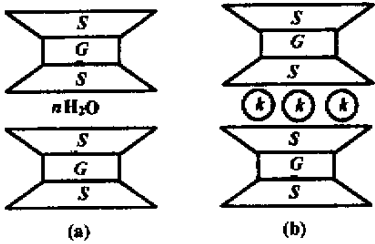


图 1 蒙脱石和伊利石的结构示意图
Fig.1 The structure figure of montmorillonite and illite

2 无砂砼压密小桩处理膨胀性机理

无砂砼压密小桩复合地基由竖向增强体和桩周土共同组成. 通过在桩孔内回填碎石和钢质注浆管的压力注浆, 形成强度很高的竖向桩体和已部分注浆的桩周土体, 可起到改善土体力学性能的作用.

通常情况下, 膨胀性土的分布具有分层特点, 无砂砼压密小桩长度要求穿过膨胀土层, 桩底端坐落在承载力较高、压缩模量较大的良好持力层上. 压密注浆成桩后, 压密小桩与桩周土体共同构成桩土复合地基, 不仅可有效地提高原状土的承

载能力,而且当桩周土体在浸水和失水过程中发生胀缩变形时,桩体自身可通过桩侧摩阻力约束桩周土在竖向和水平向的胀缩变形,从而降低膨胀性土的自由膨胀率和体缩系数,改善膨胀性土的胀缩变形性能。

另一方面,由于膨胀性土的多裂隙结构特点和强亲水性,通过对桩间土体的压力注浆,水泥浆液首先在膨胀土体内,沿较大裂隙流动,形成竖向、斜向和水平向填充较大裂隙的水泥浆液网,凝固后构成空间水泥石骨架,对临近土体的变形提供约束。在水泥浆液沿较大裂隙流动过程中,一般较小裂隙均由于浸水膨胀而闭合,同时膨胀土体的抗剪强度也发生较大衰减,继续加大注浆压力,不仅可进一步使大裂隙中的水泥浆液体积增大、

密实,并向较远方向发展。在水泥浆液形成水泥石过程中,水化反应消耗部分膨胀性土体中的液态水,在形成空间骨架的过程中,骨架间膨胀性土的强度也得到提高,变形性能也更稳定,最终构成强度较高、变形性能更好的水泥土。

3 膨胀性土改性处理试验

某公路桥桥基位于膨胀性土地地上,桥上游有一大型蓄水水库,桥下常年有流水通过,水位随丰水期和枯水期的循环而发生周期性变化,基础下膨胀性土发生胀缩变形,导致上部结构出现裂缝,影响正常使用。该工程场地的地层分布特点及工程地质条件如表 1 所示。

表 1 工程地质勘察报告

Table 1 Engineering geology reconnaissance report

编号	土性	层厚/m	液限/%	塑限/%	自然含水量/%	空隙比	压缩模量/MPa	内摩擦角	自由膨胀率/%	承载力标准值/kPa
1	-	3.3	-	-	-	-	-	-	-	-
2	粘土	4.8	31.0	20.6	22.8	0.989	0.073	24	-	150
3	粘土	1.3	29.7	19.1	23.2	0.673	0.098	22.5	-	170
4	粘土	-	35.9	19.6	13.8	0.459	0.208	37.5	49.5~81.5	250
5	粘土夹砂岩	-	-	-	-	-	-	-	-	300

对第四层膨胀性土进行改性处理,采用无砂砼压密小桩加固处理方法,桩径 150 mm,桩间距 1500 mm,桩底端进入第五层土 600 mm。

无砂砼小桩压密加固过程中,注浆压力控制在 1~2 MPa,施工顺序按奇数排同一排隔桩位、隔一排隔桩位奇数次序施工,然后偶数排隔桩位按偶数桩位次序施工。根据现场桩位特点,适当控制注浆压力和施工速度。

无砂砼压密小桩处理膨胀性土地基施工结束后 28 天,委托鹤壁市建筑设计院在注浆加固区范

围内进行现场检测,在原注浆桩位中间均匀分布选取有效检测点 7 个,进行现场取样,取样深度至第四层膨胀性土底部,处理后在原膨胀土地基深度范围内按照现行国家规范取样试验结果如表 2、3 所示。

根据现场取样试验结果判定,本工程膨胀性土地基范围内,无砂砼小桩压密注浆技术对原状土膨胀性的处理效果明显,有效改善了场地膨胀性土地基的胀缩变形性能,达到了工程对地基土的设计要求^[3]。

表 2 检测点膨胀土改性处理试验结果

Table 2 Testing results of processed self-inflated soil located on the checking spots

钻孔编号	取土深度/m	自由膨胀率/%		体缩/%		缩限/%	
		均值	变异系数	均值	变异系数	均值	变异系数
1	2.0~6.0	40.00	0.0000	20.97	0.1078	8.810	0.6752
2	2.0~6.0	35.00	0.2020	20.52	0.1909	15.34	0.1544
3	2.0~6.0	33.75	0.0741	17.76	0.1837	14.26	0.0783
4	2.0~6.0	26.67	0.5727	21.11	0.0540	15.30	0.0673
5	2.0~6.0	27.00	0.3666	21.71	0.0065	15.17	0.0392
6	2.0~6.0	22.50	0.1571	19.87	0.0558	14.78	0.0234
7	2.0~6.0	35.00	0.0000	18.42	0.0591	14.78	0.0253

表 3 膨胀土改性处理试验结果

Table 3 Testing results of processed self – inflated soil located on the checking spots

取土范围/m	自由膨胀率/%		体缩/%		缩限/%	
	均值	变异系数	均值	变异系数	均值	变异系数
1.00 ~ 2.00	31.42	0.2848	20.80	0.1490	14.99	0.0831
2.00 ~ 4.00	34.00	0.1936	19.77	0.1092	13.10	0.3148

4 结束语

膨胀性土地基变形性质的不稳定性 ,大大影响了其上建筑物或构筑物的设计、施工和正常使用 ,工程中必须改善其变形性质并提高其承载力 . 本文以一个工程实例的试验结果 ,证明了无砂砼压密注浆小桩处理膨胀性土地基的工程实用性 ,从物理力学角度分析研究了膨胀性土地基变形性

质的处理机理 ,为膨胀性土地基变形性质的处理加固提供了一种新方法 .

参考文献 :

[1] 龚晓南 . 高等土力学[M] . 杭州 : 浙江大学出版社 , 1996 .
[2] 高大钊 . 土力学与基础工程[M] . 北京 : 中国建筑工业出版社 ,1998 .
[3] JGJ 79 – 91 ,建筑地基处理技术规范[S] .

Study on the Amelioration Mechanism for Expansion – soil

SHEN Li – mei¹ , GUO Yuan – cheng¹ , ZHOU Tong – he²

(1 . College of Civil Engineering , Zhengzhou University , Zhengzhou 450002 , China ; 2 . The Comprehensive Design & Research Institute , Zhengzhou University , Zhengzhou 450002 , China)

Abstract : expansion – soil is a special specimen in some Chinese area , it bulges when soaked in water , shrinks when water in it evaporates . As results in the great deviation of its engineering features . The purpose of amelioration is to meet the bearing capacity and deformation criterion . Based on a case strengthening a bridge , the mechanism of the amelioration is summed up . The testing data denotes that mini pier with none – grit – high – pressure jetting procedure is able to cope with expansion – soil . The principle is reasonable , the procedure is practical , and it can be used as a reference for other projects .

Key words : expansion – soil ; mini pier with none – grit – high – pressure – jetting procedure ; amelioration cohesion